

2001P00875



35

**PCT** WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro  
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 7 : <b>H01L 41/047, 41/083</b>		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 00/63980</b>
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: <b>26. Oktober 2000 (26.10.00)</b>
(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/DE00/00732</b>		(81) Bestimmungsstaaten: CN, JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: <b>8. März 2000 (08.03.00)</b>			
(30) Prioritätsdaten: <b>199 17 728.7 20. April 1999 (20.04.99) DE</b>		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>	
(71) Anmelder ( <i>für alle Bestimmungsstaaten ausser US</i> ): <b>ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, D-70442 Stuttgart (DE).</b>			
(72) Erfinder; und			
(75) Erfinder/Anmelder ( <i>nur für US</i> ): <b>HEINZ, Rudolf [DE/DE]; Eltinger Weg 26, D-71272 Renningen (DE).</b>			

(54) Title: PIEZOELECTRIC ACTUATOR

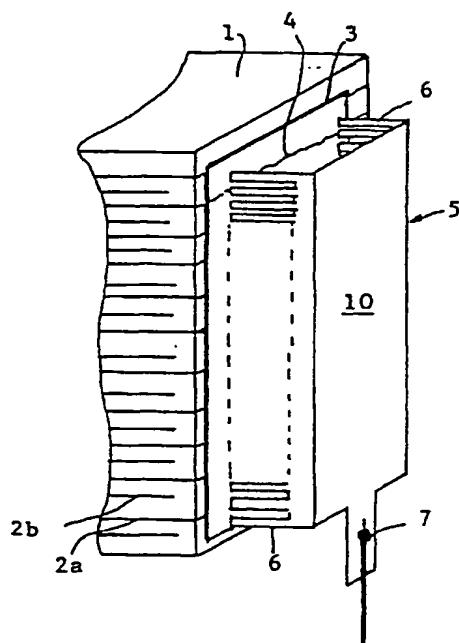
(54) Bezeichnung: PIEZOELEKTRISCHER AKTOR

## (57) Abstract

The invention relates to a piezoelectric actuator, especially for actuating control valves or injection valves in motor vehicles. The inventive piezoelectric actuator comprises an actuator body (1) in the form of a multi-layer laminate, which consists of superposed layers of a piezoelectric material and intermediate metallic or electroconductive layers (2a, 2b) that serve as electrodes. Said layers (2a, 2b) are alternately contacted, at least in the form of flat electrode strips (3), by metallic outer contacts (3, 5) which face each other and are arranged on the cover side in the longitudinal direction of the actuator body (1). Said outer electrodes (3, 5) are in contact with electrical connecting leads (7) for connecting the piezoelectric actuator to a an electrical voltage. The inventive piezoelectric actuator is characterised in that the outer electrodes (3) also have additional electrodes (5), which are in contact with the flat electrode strips (3) at several points via narrow elastic feet (6).

## (57) Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen piezoelektrischen Aktor insbesondere zur Betätigung von Steuerventilen oder Einspritzventilen in Kraftfahrzeugen, mit einem Aktorkörper (1) in Form eines vielschichtigen Laminats aus aufeinander geschichteten Lagen piezoelektrischen Materials und dazwischenliegenden metallischen bzw. elektrisch leitenden, als Elektroden dienenden Schichten (2a, 2b), die abwechselnd durch an der Mantelseite in Längsrichtung des Aktorkörpers (1) einander gegenüberliegende metallische Aussenelektroden (3, 5) wenigstens in Form flächiger Elektrodenstreifen (3) kontaktiert sind, wobei die Aussenelektroden (3, 5) mit elektrischen Anschlussleitern (7) zum Anschluss des piezoelektrischen Aktors an eine elektrische Spannung in Kontakt stehen. Der piezoelektrische Aktor ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aussenelektroden (3) außerdem Zusatzelektroden (5) aufweisen, die über schmale elastische Füße (6) an mehreren Stellen mit den flächigen Elektrodenstreifen (3) in Kontakt stehen.



### ***LEDIGLICH ZUR INFORMATION***

**Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.**

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasiliens	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

PIEZOELEKTRISCHER AKTOR

10

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft einen piezoelektrischen Aktor, insbesondere zur Betätigung von Steuerventilen oder Einspritzventilen in Kraftfahrzeugen, mit einem Aktorkörper in Form eines vielschichtigen Laminats aus aufeinandergeschichteten Lagen piezoelektrischen Materials und dazwischenliegenden metallischen bzw. elektrisch leitenden, als Elektroden dienenden Schichten, die abwechselnd durch an der Mantelseite in Längsrichtung des Aktorkörpers einander gegenüberliegende metallische Außenelektroden wenigstens in Form flächiger Elektrodenstreifen kontaktiert sind, wobei die Außenelektroden mit elektrischen Anschlußleitern zum Anschluß des piezoelektrischen Aktors an eine elektrische Spannung in Kontakt stehen.

20

Ein solcher piezoelektrischer Aktor ist z. B. aus der DE 196 50 900 A1 der Robert Bosch GmbH bekannt.

25

Derartige piezoelektrische Mehrlagenaktoren führen, wenn sie mit einer pulsierenden elektrischen Spannung an ihren Elektrodenschichten beaufschlagt werden, analog pulsierende Hübe unter Änderung des Abstandes zwischen ihren beiden Stirnseiten aus. Bei der zitierten DE 196 50 900 A1 überdecken die die elektrische Spannung zu den Elektrodenschichten übertragenden zu beiden Seiten auf der

- 2 -

Mantelseite in Längsrichtung des Aktorkörpers liegenden metallischen Außenelektroden den aktiven Bereich des Aktorkörpers.

5 Im Betrieb der piezoelektrischen Mehrlagenaktoren können infolge der geringen Zugfestigkeit zwischen den dünnen gestapelten Folien aus Piezokeramik (z. B. BleizirkonatTitanat) und den metallischen bzw. elektrisch leitenden Elektrodenschichten Delaminationen auftreten, die  
10 sich als Risse nach außen in die Außenlektroden fortpflanzen und zu Stromunterbrechungen führen können.

#### Aufgabe und Vorteile der Erfindung

15 Es ist somit Aufgabe der Erfindung, einen gattungsgemäß piezoelektrischen Mehrlagenaktor so zu ermöglichen, daß stromunterbrechende Risse in den Außenlektroden überbrückt werden und dadurch die Sicherheit der elektrischen Kontaktierung verbessert und die Lebensdauer des  
20 piezoelektrischen Aktors verlängert werden können. Diese Aufgabe wird anspruchgemäß gelöst.

25 Der Kern der Erfindung liegt darin, die unmittelbar am Aktorkörper anliegenden flächigen Elektrodenstreifen zusätzlich mit diese überbrückenden Zusatzelektroden zu verbinden, die über schmale elastische Füße an mehreren Stellen mit den flächigen Elektrodenstreifen in Kontakt stehen.

30 Bevorzugt haben diese Zusatzelektroden die Form eines Doppelkamms mit einem parallel zu den Elektrodenstreifen liegenden Kammrücken und zwei daran seitlich anschließenden parallelen Zinkenreihen, deren Zinken die elastischen Füße bilden und in Kontakt mit den flächigen Elektrodenstreifen  
35 stehen.

- 3 -

Ein Vorteil einer solchen doppelkammartigen Zusatzelektrode ist ihre einfache und sichere Befestigung an dem Elektrodenstreifen infolge der dünnen elastischen Kammzinken. Insbesondere ist zur Kontaktierung eine beliebig dicke Lotschicht nutzbar, die zusätzlich zur Wärmeabfuhr vom Aktorkörper dient.

Die vielen Gestaltungsmöglichkeiten des Doppelkamms gestatten eine optimale Befestigung, eine Herstellungsvereinfachung und eine optimale Kontrolle der Befestigung der doppelkammartigen Zusatzelektrode an den flächigen Elektrodenstreifen.

Der als Zusatzelektrode fungierende Doppelkamm entfaltet nach der Anbringung an den flächigen Elektrodenstreifen am Aktorkörper Eigenstabilität, die durch einen Elastomerzusatz noch gesteigert werden kann. Die beiden Kammreihen bieten über die Lebensdauer des piezoelektrischen Aktors eine hohe Sicherheit gegen evt. auftretende Risse.

Durch den nahezu geschlossenen Kammrücken und wärmeableitendes Elastomer ist eine gute Kühlung des Aktorkörpers möglich.

Ein erfindungsgemäßer piezoelektrischer Aktor lässt sich vorteilhaft für Diesel- oder Benzin einspritzvorrichtungen im Kraftfahrzeug verwenden. Ein solcher piezoelektrischer Aktor kann vorteilhaft das üblicherweise als Verstellorgan bei Einspritzvorrichtungen dienende elektromagnetische System ersetzen, da er schneller schalten kann.

Die obigen und weitere vorteilhaften Merkmale eines erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktors werden aus der nachfolgenden mehrere Ausführungsbeispiele desselben beschreibenden Beschreibung noch deutlicher, wenn diese

- 4 -

bezugnehmend auf die Zeichnung gelesen wird.

#### Zeichnung

5      Figur 1 zeigt schematisch und perspektivisch einen Abschnitt eines mit einer Doppelkamm-Zusatzelektrode ausgerüsteten bevorzugten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktors.

10

Figur 2 zeigt das bevorzugte Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 in einer Draufsicht.

15      Die Figuren 3 bis 9 zeigen jeweils verschiedenartige Ausführungsbeispiele einer doppelkammartigen Zusatzelektrode und deren Befestigung an den Elektrodenstreifen.

20      Die Figuren 10A und 10B zeigen schematisch zwei mögliche Herstellungsverfahren für eine Doppelkamm-Zusatzelektrode mit Hilfe von Drähten;

25      die Figuren 11A und 11B zeigen schematisch eine alternative Form von als Bürsten ausgeführten Zusatzelektroden gemäß der Erfindung.

#### Ausführungsbeispiele

30      In Figur 1 ist in perspektivischer Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel eines mit einer doppelkammförmigen Zusatzelektrode 5 versehen piezoelektrischen Aktors dargestellt. Der beispielhaft rechteckige Aktorkörper 1 liegt in Form eines vielschichtigen Laminats aus aufeinandergeschichteten Lagen piezoelektrischen Materials und dazwischenliegenden metallischen bzw. elektrisch

- 5 -

leitenden, als Elektroden dienenden Schichten 2a und 2b vor. Die Elektrodenschichten 2a und 2b sind abwechselnd durch an der Mantelseite in Längsrichtung des Aktorkörpers 1 einander gegenüberliegende metallische Außenelektronen 3 und 5 kontaktiert und mit elektrischen Anschlußleitern 7, die an der doppelkammförmigen Zusatzelektrode 5 angeschlossen sind, verbunden.

Wie erwähnt, können im Betrieb solcher piezoelektrischer Mehrlagenaktoren infolge der geringen Zugfestigkeit zwischen dem keramischen piezoelektrischen Material und den metallischen Innenelektronen Delaminationen auftreten, die sich nach außen in die flächigen Elektrodenstreifen 3 als Risse fortpflanzen und zu Stromunterbrechungen führen können. Ein solcher Riß 4 ist in Figur 1 beispielhaft angedeutet. Durch die in Form eines Doppelkamms gebildete Zusatzelektrode 5, die aus einem parallel zum flächigen Elektrodenstreifen 3 liegenden Kammrücken 10 und zwei seitlichen, etwa rechtwinklig vom Kammrücken 10 zum zugehörigen flächigen Elektrodenstreifen 3 hin abgebogenen gezinkten Rändern besteht, wobei die schmalen Zinken 6 der Ränder elektrisch mit dem flächigen Elektrodenstreifen 3 in Kontakt stehen, kann eine Stromunterbrechung, wie sie durch den Riß 4 droht, überbrückt werden. Die dünnen Zinken 6 des Doppelkamms bilden eine Vielzahl elastischer Füße, die die durch den Aktorhub bedingte Bewegung des Aktorkörpers 1 elastisch auffangen können und dadurch eine haltbare Kontaktierung der Zusatzelektrode 5 mit dem flächigen Elektrodenstreifen 3 sicherstellen. Die elastischen Zinken 6 können in die flächigen Elektrodenstreifen 3 hineinführen oder an der Oberfläche befestigt, z. B. verlötet, verschweißt, bondiert usw. sein.

Es ist ersichtlich, daß die perspektivische Darstellung der Figur 1 nur eine Seite des rechtwinkligen piezoelektrischen Aktors zeigt.

- 6 -

Die in Figur 2 dargestellte schematische Draufsicht auf einen solchen piezoelektrischen Aktor zeigt, daß zwei doppelkammförmige Zusatzelektroden 5 einander an den Mantelseiten eines Aktorkörpers 1 gegenüberliegen und jeweils mit einem flächigen Elektrodenstreifen 3 in elektrischem Kontakt stehen.

Nachstehend werden verschiedene Formen von erfindungsgemäß als Zusatzelektroden 5 zu verwendenden Doppelkammelektroden anhand der Figuren 3 bis 9 beschrieben. Figur 3 zeigt eine flache Doppelkammelektrode 5 mit ebenem Kammrücken 10 und von diesem um 90° abgewinkelten Zinken 6 und mit Bohrungen oder Löchern 8 auf dem Kammrücken 10.

Durch die Bohrungen 8 kann bei Bedarf Kunststoff, Klebstoff oder ein Elastomer 9 (vergleiche Figur 4) eingegossen werden, um den Doppelkamm 5 zu stabilisieren und/oder die Wärme nach außen abzuleiten.

Figur 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer als Zusatzelektrode 5 dienenden Doppelkammelektrode, bei der die Kammmzinken 6 nur wenig vom ebenen Kammrücken 10 zu den Elektrodenstreifen 3 abgebogen sind und mit ihrem jeweiligen Endabschnitt mit dem jeweiligen Elektrodenstreifen 3 in Kontakt stehen. Die Befestigung kann erfolgen durch Löten (hart oder weich), Laserschweißen, Punktschweißen, Reibschweißen oder Bondieren. Die Güte der Befestigung der nach außen ragenden Kammmzinken 6 ist leicht zu kontrollieren.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel einer als Zusatzelektrode 5 geeigneten Doppelkammelektrode ist in Figur 6 dargestellt. Die zu beiden Seiten eines ebenen Kammrückens 10 sitzenden Zinken 6 sind zunächst vom Kammrücken 10 aus um 90° zu dem Elektrodenstreifen 3 hin und dann nach innen parallel zum Elektrodenstreifen 3 abgebogen.

- 7 -

In Figur 7 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer als Zusatzelektrode 5 geeigneten erfindungsgemäßen Doppelkammelektrode dargestellt, bei der der Kammrücken 10 und die Zinken 6 etwa in einer Ebene liegen. Zum Schutz gegen völliges Anlöten (sofern Löten verwendet wird) ist in der Mitte unterhalb des Kammrückens 10 ein Lötstopplack 13 aufgebracht. Wenn kein Lötvorgang verwendet wird, kann ein als Elastomerschicht ausgebildeter Abstandshalter 13 den notwendigen Abstand zwischen dem flächigen Elektrodenstreifen 3 und dem Kammrücken 10 halten. Eine PTFE-Schicht 13 oder eine Schicht aus ähnlichem Material kann ferner als Verschleißschutz oder Dämpfungsschicht dienen.

Figur 8 zeigt ein weiteres mögliches Ausführungsbeispiel einer als Zusatzelektrode 5 geeigneten erfindungsgemäßen Doppelkammelektrode, die eine halbrunde oder ovale Querschnittsform mit abgerundetem Kammrücken 11 hat.

Die Figuren 9A, 9B und 9C zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel einer als Zusatzelektrode 5 für einen piezoelektrischen Aktor gemäß der Erfindung geeigneten erfindungsgemäßen Doppelkammelektrode, die ähnlich geformt ist wie in Figur 6 und zu beiden Seiten des ebenen Kammrückens 10 Zinken 6 hat, die gegenüber dem Kammrücken 10 um etwa 90° abgebogen sind.

Figur 9A zeigt den Abstandshalter oder einen Lötstopplack 13.

Figur 9B zeigt, daß statt eines Abstandshalters oder eines Lötstopplackes 13 auch eine um die Ecke bis nahe zum Ende der Kammzinken 6 gehende Elastomer- oder Kunststoffplatte 13a verwendet werden kann.

Der in Figur 9C gezeigte Grundriß einer als Zusatzelektrode

- 8 -

5 geeigneten Doppelkammelektrode beliebiger Querschnittsform (rechtwinklige oder auch runde bzw. ovale Form wie in Figur 8) zeigt, daß die als elastische Füße dienenden Kammzinken 6 zu beiden Seiten des Kammrückens 10 oder 11 gegeneinander um ein halbes Abstandsintervall d der Zinken 6 in Längsrichtung des Doppelkamms versetzt sind. Ein im Aktorkörper 1 auftretender Riß 14 geht meistens gerade (d. h. unter einem Winkel von 90° zur Außenkante des Aktorkörpers 1) durch die flachen Elektrodenstreifen 3 der Außenelektroden. Durch die Versetzung der Kammzinken 6 um das halbe Abstandsintervall d wird ein Riß nur einen Zinken stören und der gegenüberliegende, versetzte Zinken bleibt 10 völlig fixiert. Das Abstandsintervall 2d und die Zinkenlücken b können den kleinsten möglichen 15 Rissfolgeabständen so angepasst werden, damit kein Riss in zwei gegenüberliegende Füße 6 läuft.

Die Herstellung eines der bislang beschriebenen als Zusatzelektrode 5 geeigneten Doppelkamms kann z. B. durch 20 Ausstanzen einer passenden Doppelkammform aus einem Metallblech geeigneten Materials und gegebenenfalls gleichzeitiges Abbiegen der beiden Zinkenreihen ausgeführt werden. Alternativ kann eine sehr feine Doppelkammstruktur 25 auch durch Laserschneiden aus einem Blech geeigneten Materials hergestellt werden.

Die Figuren 10A und 10B zeigen weitere Beispiele einfacher Herstellungsverfahren für einen als Zusatzelektrode 5 geeigneten Doppelkamm. Dazu wird gemäß Figur 10A ein Draht 30 15 auf ein Blechband 16 bondiert, geschweißt oder gelötet und die Enden 17 des Drahtes abgeschnitten. Auf diese Weise entsteht ein als Zusatzelektrode für einen erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktor geeigneter Doppelkamm mit sehr schmalen Zinken 6.

35 Gemäß Figur 10B wird alternativ ein als Zusatzelektrode 5

lach  
einstich

- 9 -

für einen erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktor geeigneter Doppelkamm aus einem metallischen Sieb hergestellt. Dazu müssen dessen metallische Querfäden 18 auf der Seite um eine genügend große Strecke c herausstehen, so daß eine Doppelkammstruktur entsteht.

In der bisherigen Beschreibung wurden für die Zusatzelektrode 5 verschiedenartige Doppelkammelektroden beschrieben. Gemäß Figur 11A kann jedoch auch eine bürstenartige Struktur 19 als alternative Zusatzelektrode 5 dienen, welche von einem flachen metallischen Bürstenrücken 12 etwa senkrecht abstehende elastische Metallborsten 20 hat, deren Enden gemäß Figur 11B mit den Elektrodenstreifen 3 kontaktiert sind.

Bei allen oben beschriebenen Ausführungsbeispielen können die Kammzinken oder Borsten eines als Zusatzelektrode 5 dienenden Doppelkamms oder einer bürstenartigen Struktur gemäß Figur 11 an den Elektrodenstreifen 3 hart oder weich angelötet oder durch Laserschweißen oder Punktschweißen, Reibschweißen oder Bondieren verbunden werden. Weiterhin ist ein Ankleben mit elektrisch leitfähigem Kleber möglich. Beim Löt-, Schweiß- oder Bondievorgang lässt sich die Güte der Verbindung zur Elektrode 3 der vom Kammrücken oder Bürstenrücken abstehenden Zinken oder Borsten leicht kontrollieren.

Damit ist eine einfache und sichere Befestigung der Zusatzelektrode 5 an den flachen Elektrodenstreifen 3 aufgrund der dünnen Zinken oder Borsten möglich. Eine beliebig dicke Lötschicht ist nutzbar. Die verschiedenen beschriebenen Ausführungsmöglichkeiten der Kammzinken bzw. Borsten ermöglichen eine optimale Befestigung, eine kostengünstige Herstellung und eine sichere Kontrolle der Befestigung der Zinken bzw. Borsten an den Elektrodenstreifen 3. Die meist größere Wärmedehnung der

- 10 -

Zusatzelektrode 5 gegenüber der Keramik ergibt wegen der kleinen Kontakte zwischen der Zusatzelektrode 5 und dem Elektrodenstreifen 3 nur geringe Schubspannungen und damit höhere Ausfallsicherheit.

5

Die Zusatzelektrode bekommt durch ihre Form, nachdem sie an den flächigen Elektrodenstreifen angebracht ist, oder durch eine zusätzlich eingebrachte Elastomerschicht eine ausreichende Eigenstabilität. Ein Doppelkamm läßt sich auf vielerlei Weise kostengünstig herstellen. Da vorschlagsgemäß eine als Zusatzelektrode geeignete Kammelektrode zwei Zinkenreihen hat, ist eine hohe Sicherheit gegeben, daß möglichst viele Zinken der Kammelektrode mit dem zugehörigen Elektrodenstreifen elektrisch leitend verbunden sind. Durch den, abgesehen von den Öffnungen 8, nahezu geschlossenen metallischen Kammrücken des Doppelkamms und ein gegebenenfalls eingebrachtes wärmeleitendes Elastomer ist eine gute Möglichkeit der Wärmeableitung des Aktorkörpers erreichbar.

10

15

- 11 -

5

### Ansprüche

- 10 1. Piezoelektrischer Aktor, insbesondere zur Betätigung von Steuerventilen oder Einspritzventilen in Kraftfahrzeugen, mit einem Aktorkörper (1) in Form eines vielschichtigen Laminats aus aufeinandergeschichteten Lagen piezoelektrischen Materials und dazwischenliegenden metallischen bzw. elektrisch leitenden, als Elektroden dienenden Schichten (2a, 2b), die abwechselnd durch an der Mantelseite in Längsrichtung des Aktorkörpers (1) einander gegenüberliegende metallische Außenelektroden (3, 5) wenigstens in Form flächiger Elektrodenstreifen (3) kontaktiert sind, wobei die Außenelektroden (3, 5) mit elektrischen Anschlußleitern (7) zum Anschluß des piezoelektrischen Aktors an eine elektrische Spannung in Kontakt stehen, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenelektroden (3, 5) außerdem Zusatzelektroden (5) aufweisen, die über schmale elastische Füße (6) an mehreren Stellen mit den flächigen Elektrodenstreifen (3) in Kontakt stehen.
- 20 2. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzelektroden (5) parallel zu den Elektrodenstreifen (3) liegende kammartige Streifen mit äquidistanten, die elastischen Füße bildenden Zinken (6) bilden.
- 30 3. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzelektroden parallel zu den

- 12 -

Elektrodenstreifen (3) liegende Doppelkämme bilden, die einen Kammrücken (10, 11) und daran anschließende zwei parallele seitliche Zinkenreihen aufweisen, deren Zinken (6) die elastischen Füße sind.

5

4. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zinken (6) vom Kammrücken (10) etwa rechtwinklig zu den Elektrodenstreifen (3) abgewinkelt sind und nur die Enden der Zinken (6) mit dem jeweiligen Elektrodenstreifen (3) in Kontakt stehen.

10

5. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zinken (6) vom Kammrücken (10) im flachen Winkel zu den Elektrodenstreifen (3) abgewinkelt sind und die Endabschnitte der Zinken (6) mit dem jeweiligen Elektrodenstreifen (3) in Kontakt stehen.

15

6. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Kammrücken (11) mit den beidseitigen Zinken (6) eine etwa halbkreisförmige oder ovale Querschnittskontur hat.

20

7. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Kammrücken (14) mit den beidseitigen Zinken (6) etwa in einer Ebene liegt.

25

8. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Kammrücken (10, 11) und dem zugeordneten Elektrodenstreifen (3) ein Abstandshalter (13) liegt.

30

9. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstandshalter (13) als Elastomerunterlage oder als Lötstopplack ausgebildet ist.

35

10. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 3 bis

- 13 -

9, dadurch gekennzeichnet, daß die äquidistanten Zinken (6) auf beiden Seiten des Kammrückens (10, 11) gegeneinander um ein halbes Abstandsintervall der Zinken (6) in Längsrichtung des Doppelkamms versetzt sind.

5

11. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzelektrode (5) eine parallel zu dem jeweiligen Elektrodenstreifen (3) liegende Elektrodenbürste (19) bildet, deren Borsten (20) die mit den Elektrodenstreifen (3) kontaktierten elastischen Füße bilden.

10

12. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 2 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Kamm- oder Bürstenrücken (10, 11, 12) mehrere Löcher (8) aufweist.

15

13. Piezoelektrischer Aktor nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anschlußleiter (7) jeweils an den Zusatzelektroden (5) angeschlossen sind.

20

14. Piezoelektrischer Aktor nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die elastischen Füße bzw. Zinken (6) oder Borsten (20) der Zusatzelektroden (5) mit den Elektrodenstreifen (8) durch eine Lotschicht verlötet sind.

25

15. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die elastischen Füße bzw. Zinken (6) oder Borsten (20) der Zusatzelektroden durch eine elektrisch leitende Klebeschicht mit den Elektrodenstreifen (3) verbunden sind.

30

16. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die elastischen Füße bzw. Zinken (6) oder Borsten (20) der Zusatzelektroden (5) durch Laserschweißpunkte mit den Elektrodenstreifen (3) verbunden

- 14 -

sind.

17. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 1 bis  
13, dadurch gekennzeichnet, daß die elastischen Füße bzw.  
5 Zinken (6) oder Borsten (20) der Zusatzelektroden (5) mit  
den Elektrodenstreifen (3) bondiert sind.

1/3

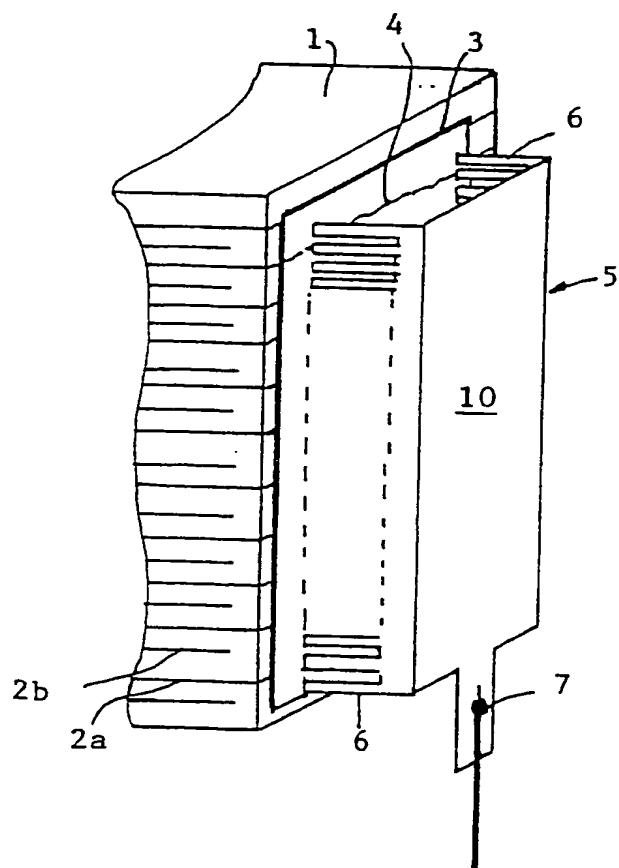


FIG. 1

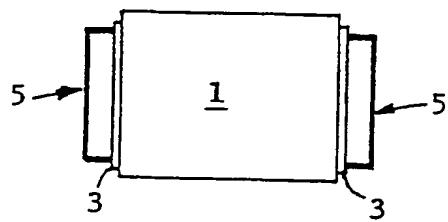


FIG. 2

2/3

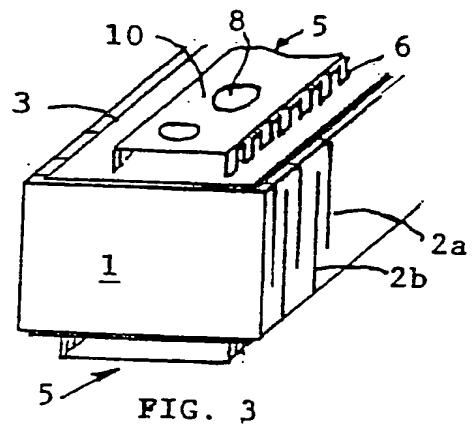


FIG. 3

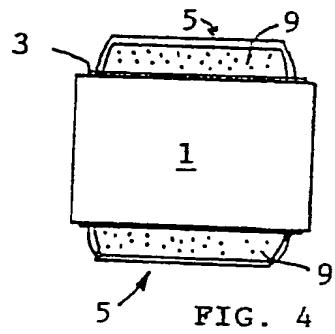


FIG. 4

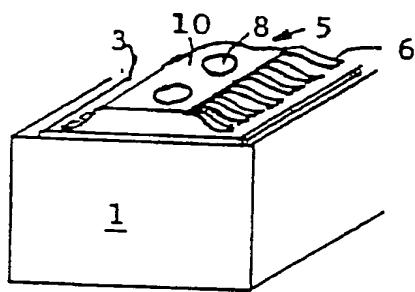


FIG. 5

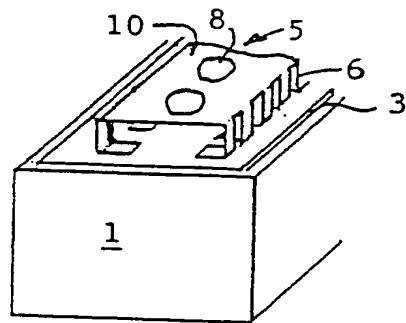


FIG. 6

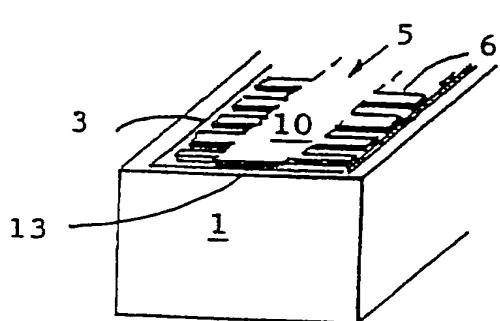


FIG. 7

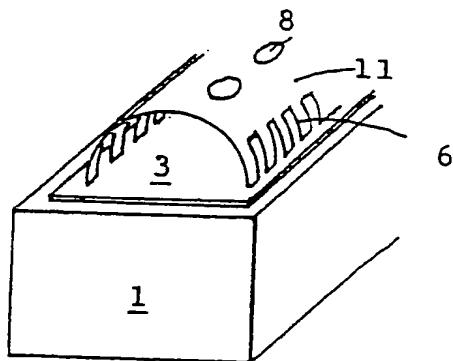


FIG. 8

3 / 3

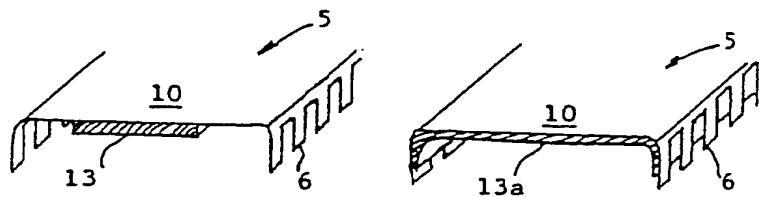


FIG. 9A

FIG. 9B

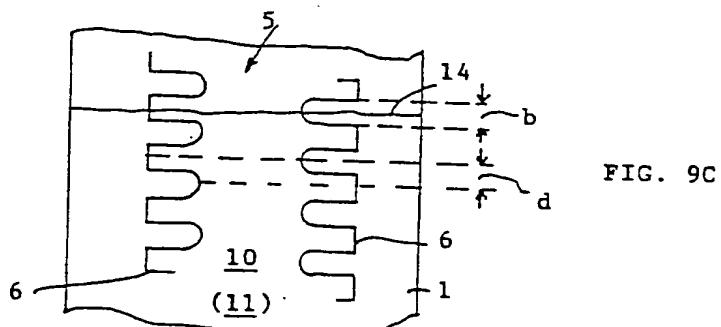


FIG. 9C

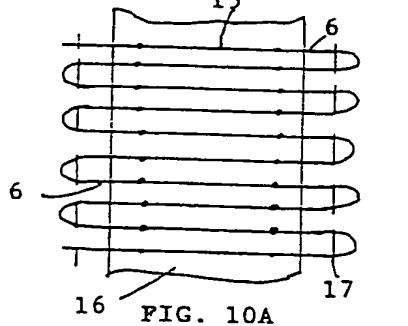


FIG. 10A

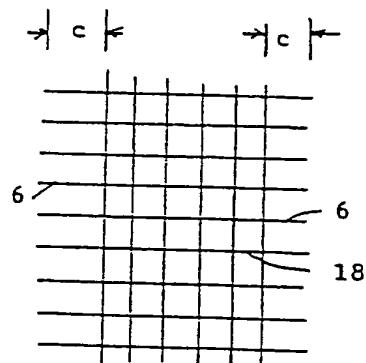


FIG. 10B

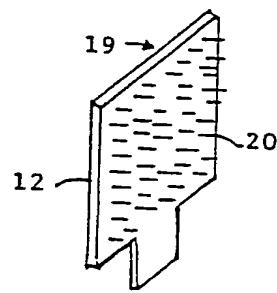


FIG. 11A

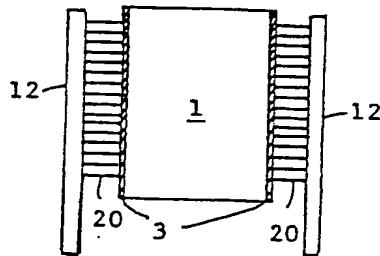


FIG. 11B

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern al Application No  
PCT/DE 00/00732

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

IPC 7 H01L41/047 H01L41/083

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H01L F02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG INNOVATIVE CERAMIC) 27 May 1998 (1998-05-27) column 2, line 7 -column 5, line 8; figures -----	1,2, 12-17
A	DE 196 50 900 A (BOSCH GMBH ROBERT) 10 June 1998 (1998-06-10) cited in the application column 3, line 14 - line 26; figures -----	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 11, 26 December 1995 (1995-12-26) & JP 07 226541 A (BROTHER IND LTD), 22 August 1995 (1995-08-22) abstract -----	1

Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 August 2000

Date of mailing of the international search report

18/08/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Torle, E

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Internatinal Application No

PCT/DE 00/00732

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 0844678 A	27-05-1998	DE 19648545 A JP 10229227 A		28-05-1998 25-08-1998
DE 19650900 A	10-06-1998	CN 1209865 A WO 9825060 A EP 0879373 A HU 9901385 A JP 2000506590 T		03-03-1999 11-06-1998 25-11-1998 30-08-1999 30-05-2000
JP 07226541 A	22-08-1995	NONE		

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE 00/00732

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 H01L41/047 H01L41/083

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
IPK 7 H01L F02M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 844 678 A (CERAMTEC AG INNOVATIVE CERAMIC) 27. Mai 1998 (1998-05-27) Spalte 2, Zeile 7 - Spalte 5, Zeile 8; Abbildungen —	1,2, 12-17
A	DE 196 50 900 A (BOSCH GMBH ROBERT) 10. Juni 1998 (1998-06-10) in der Anmeldung erwähnt Spalte 3, Zeile 14 - Zeile 26; Abbildungen —	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 11, 26. Dezember 1995 (1995-12-26) & JP 07 226541 A (BROTHER IND LTD), 22. August 1995 (1995-08-22) Zusammenfassung —	1

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindenscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindenscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

9. August 2000

18/08/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentiaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Torle, E

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internat.	des Aktenzeichen
PCT/DE 00/00732	

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0844678 A	27-05-1998	DE 19648545 A JP 10229227 A	28-05-1998 25-08-1998
DE 19650900 A	10-06-1998	CN 1209865 A WO 9825060 A EP 0879373 A HU 9901385 A JP 2000506590 T	03-03-1999 11-06-1998 25-11-1998 30-08-1999 30-05-2000
JP 07226541 A	22-08-1995	KEINE	

